

МЕХАНИКА И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

УДК 62-83: 621.313.333.001

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АСИНХРОННЫХ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ И ПУТИ ИХ ПОВЫШЕНИЯ

В.И. ЛУКОВНИКОВ, В.В. ТОДАРЕВ, Л.В. ВЕППЕР

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Использование безредукторных электроприводов специального (шагового, колебательного и т.п.) движения с применением серийных общепромышленных электродвигателей является перспективным направлением совершенствования механизмов и машин.

Как показывают результаты исследований проведенных в Томском политехническом институте и Гомельском государственном техническом университете им. П.О. Сухого, асинхронные двигатели серии 4А в колебательном режиме имеют низкие энергетические характеристики [1, 2]. Одной из причин этого является несовершенство известных способов возбуждения колебательного движения, в частности, линейной фазовой модуляции (ЛФМ) [1], когда в воздушном зазоре машины создается качающееся электромагнитное поле, характер которого изменяется от пульсирующего в момент времени $t_1 = \pi |\omega_1 - \omega_2|^{-1} \cdot K$, где ω_1, ω_2 – угловая частота питающих напряжений, $K = 1, 2, 3, \dots$ – натуральный ряд чисел до кругового при $t_2 = 0,5 \pi |\omega_1 - \omega_2|^{-1} \cdot (1 + 2K)$. На примере временных характеристик электродвигателя привода гидровибратора видно, что скорость вращения электромагнитного поля переменна и содержит высокочастотные (по отношению к частоте колебаний) составляющие (рис. 1а), амплитуда которых возрастает к моменту смены направления вращения и которые проявляются в электромагнитном моменте и механической мощности (рис. 1б,в). Эллиптичность качающегося электромагнитного поля ведет к снижению механической мощности и увеличению потерь мощности в электродвигателе за счет составляющих обратной последовательности. Появление высокочастотных составляющих механической мощности сопровождается дополнительными потерями мощности в двигателе на их передачу.

Другой причиной низких энергетических показателей является то, что параметры электродвигателей серии 4А, оптимизированные для режима S1, не будут таковыми в динамическом колебательном режиме.

В соответствии со сказанным работы по улучшению энергетических характеристик АД колебательного режима целесообразно вести по нескольким направлениям. Первое направление – создание электроприводов, реализующих возбуждение колебательного режима с круговым качающимся электромагнитным полем, например, за счет балансной амплитудной модуляции фазовых напряжений (БАМКП) [3]. На рис. 2 представлены временные зависимости механических и электрических параметров колебательного движения двигателя 4А71А6УЗ, возбужденного по способу БАМКП, из которых видно, что в воздушном зазоре электродвигателя создается круговое качающееся поле, значительно снижена амплитуда высокочастотных составляющих, а наиболее

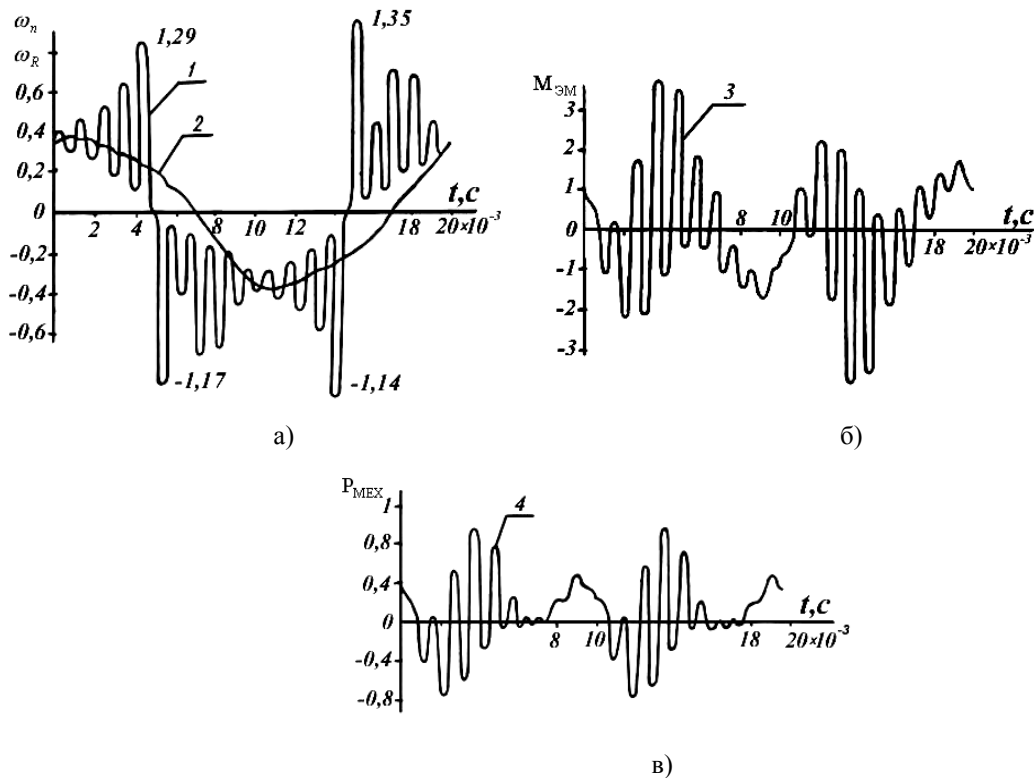


Рис.1. Временные характеристики двигателя 4А71А6У3 в режиме механического резонанса. ЛФМ при частоте колебания 5 Гц, инерционной нагрузке $L_{\text{мех}} = 2,686 \cdot 10^{-3} \text{ кг м}^2$, нагрузке жидким трением $M_{\text{ж.т}} = 0,892 \text{ Нм}$; 1- ω_n , 2- ω_R , 3- $M_{\text{эм}}$, 4 - $P_{\text{мех}}$

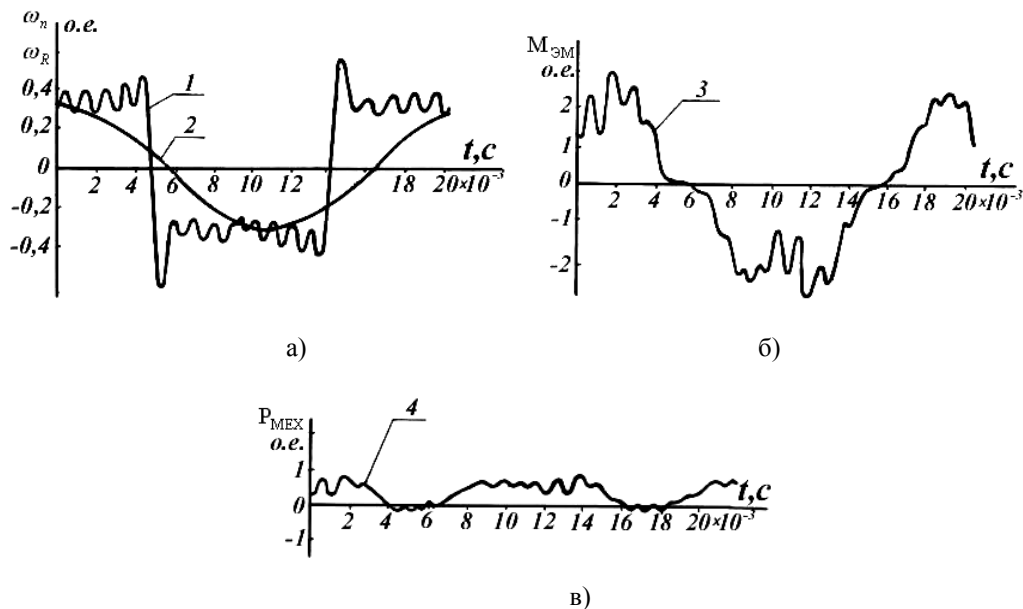


Рис.2. Временные скорости колебания поля, ротора, величины электрического момента, механической и потребляемой мощности для двигателя 4А71А6У3 в режиме механического резонанса, способом возбуждения БАМКП, $f_k = 5 \text{ Гц}$, $L_{\text{мех}} = 2,686 \cdot 10^{-3} \text{ кг м}^2$, $M_{\text{ж.т}} = M_{\text{ном}}$, 1- ω_n , 2- ω_R , 3- $M_{\text{эм}}$, 4 - $P_{\text{мех}}$

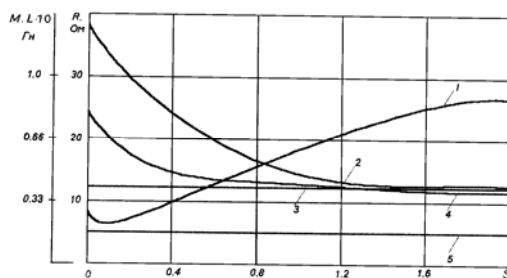
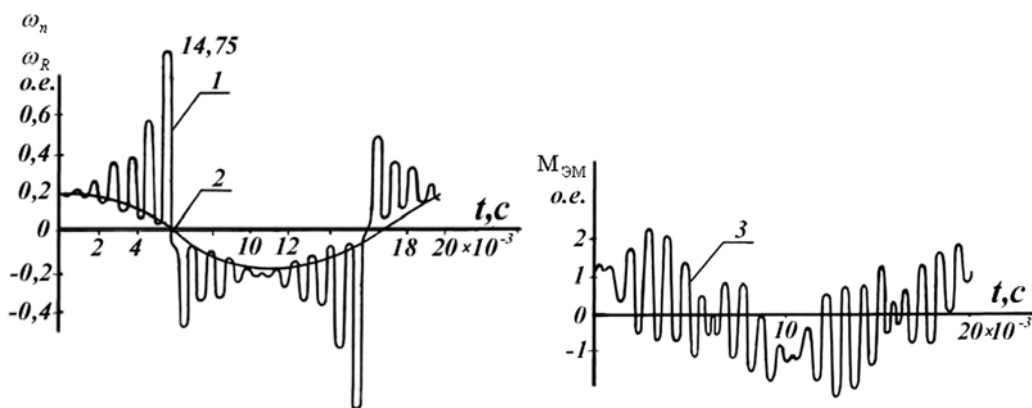
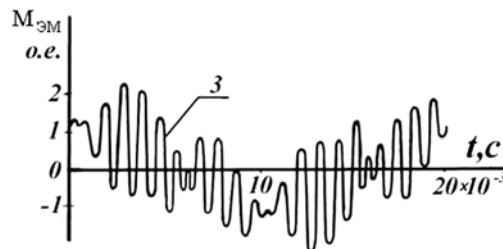


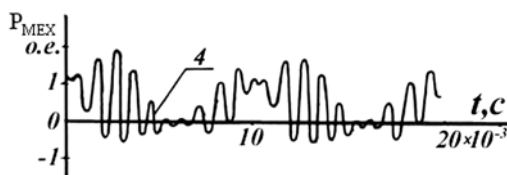
Рис.3 Зависимости электрических параметров АДР71А2УЗ от скольжения
1- $R_{\alpha R}(S)$, 2- $M_2(S)$, 3- $R_{\alpha S}(S)$, 4- $L_{\alpha RG}(S)$, 5- $L_{\alpha SG}(S)$



а)

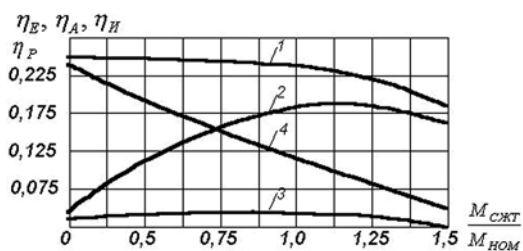


б)

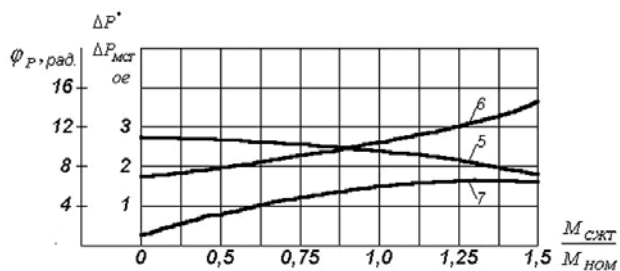


в)

Рис. 4. Временные диаграммы скорости колебания поля, ротора, величины электрического момента, механической и потребляемой мощности для АДР71А2УЗ в режиме механического резонанса, ЛФМ, $f_k = 5 \text{ Гц}$, $L_{\text{мех}} = 2,59 \cdot 10^{-3} \text{ кг м}^2$, $M_{\text{жт}} = M_{\text{ном}}$, 1- ω_n , 2- ω_R , 3- $M_{\alpha M}$, 4- $P_{\text{мех}}$



а)



б)

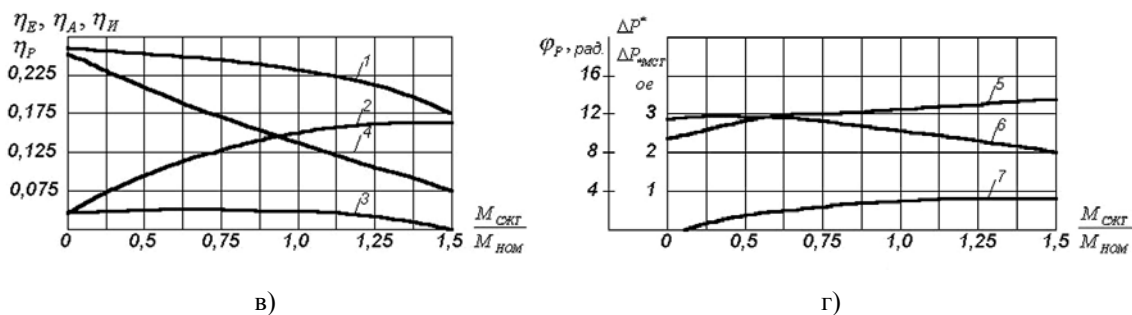


Рис.5. Нагрузочные характеристики электродвигателей 4А71А2У3 (а,б), АДДР-71А2У3(б,г.). ($f_k=5$ Гц, линейная фазовая модуляция, механический резонанс, $L_{МЕХ}=2,59 \cdot 10^{-3}$ кг м²), 1 - η_e , 2 - η_a , 3 - η_p , 4 - $\eta_{и}$, 5 - φ_p , 6 - $\Delta P^* = \Delta P/\Delta P_{ном}$; 7 - $\Delta P^*_{Mc} = \Delta P_{ст}/\Delta P_{ном}$

интенсивное преобразование энергии происходит в благоприятный период – при малом скольжении, когда потребляемый ток мал, а электромагнитный момент велик в силу малого значения индуктивной составляющей тока ротора. Как показано в работе [2], возможно повышение полного К.П.Д. и его составляющих [1] в этом случае в (1,5 – 1,8) раза по сравнению с ЛФМ при снижении потерь мощности до уровня номинальных.

Второе направление – создание автоколебательных электроприводов с импульсным питанием [4], в которых значительно снижены потери мощности, поскольку электромагнитный момент создается при наибольшей скорости вращения вала, когда составляющие обратной последовательности минимальны.

Третье направление – использование АД, параметры которых в идеальном случае будут оптимальны для любого момента колебательного движения, т.е. являются функциями скольжения. К таким электродвигателям можно отнести асинхронные электродвигатели с массивным и, особенно, с двухслойным ротором (АДДР), обладающие как показано в [5] высокими энергетическими показателями при пуске и в длительных режимах.

С целью реализации высказанных предложений, на базе электродвигателя 4А71А2У3 был изготовлен электродвигатель с двухслойным ротором АДДР71А2У3, железомедная гильза ротора которого выполнена из сплава СМ-19. Параметры двигателя приведены на рис. 3.

Сравнительный анализ характеристик двигателей 4А и АДДР, расчетных [6] и экспериментальных, в колебательном режиме работы (рис. 4.5) показывает, что в последнем случае снижена амплитуда высокочастотных составляющих в кривых скорости поля, электромагнитного момента и механической мощности. Энергетические показатели базового двигателя выше на большей части рабочего интервала нагрузок колебательного электрогидропривода. Однако с ростом скольжения, что характерно для больших нагрузки и частоты колебаний, потери мощности в базовом двигателе превышают потери в АДДР. Соответственно, выше в указанных областях количественные и качественные критерии преобразования электроэнергии в АДДР. Очевидно, что после оптимизации параметров границы этой области могут быть существенно расширены.

Изложенное свидетельствует о том, что соответствующим образом технически реализованные колебательные электроприводы с асинхронными электродвигателями серии 4А и разработанными на их базе двигателями с двухслойными и многослойными роторами могут иметь вполне приемлемые энергетические показатели.

Литература

1. Луковников В.И., Серeda В.П. Динамические режимы работы асинхронного электропривода. – М.: ВЗПИ, 1990. – 210 с.
2. Тодарев В.В. Энергетические характеристики асинхронного электродвигателя в составе электропривода: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук.- Минск, 1990. – 22 с.
3. А.С. № 1415400 (СССР). Способ управления асинхронным двигателем в режиме колебательного движения / В.И. Луковников, В.В. Тодарев, С.А. Грачев. – Оpubл. 1988, Бюл. № 29.
4. А.С. № 1631689 (СССР). Способ управления колебательным электроприводом с асинхронным электродвигателем / В.И. Луковников, В.В. Тодарев, М.Н. Погуляев. - Оpubл. 1991, Бюл. № 8.
5. Могильников В.С. и др. Асинхронные электродвигатели с двухслойным ротором и их применение. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
6. Луковников В. И., Серeda В.П., Тодарев В.В. Моделирование периодических режимов асинхронных электродвигателей безредукторного привода // Электричество.- 1992.- № 5.- С. 31-35.